



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①0 DE 198 50 127 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
F 02 D 21/08  
F 02 M 25/07

②1 Aktenzeichen: 198 50 127.7  
②2 Anmeldetag: 30. 10. 98  
④3 Offenlegungstag: 6. 5. 99

③0 Unionspriorität:  
P 9-300689 31. 10. 97 JP  
P 10-224691 07. 08. 98 JP  
⑦1 Anmelder:  
Nippon Soken, Inc., Nishio, Aichi, JP; Toyota  
Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP  
⑦4 Vertreter:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

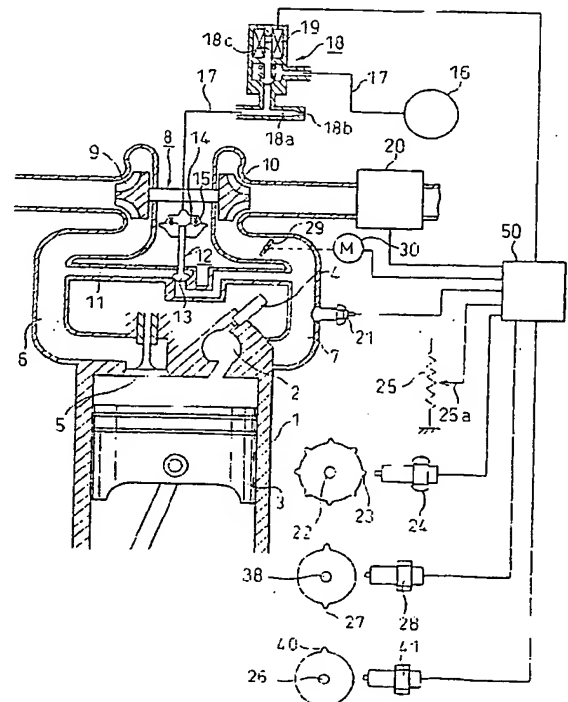
⑦2 Erfinder:  
Nakashima, Tatsushi, Nishio, Aichi, JP; Wakimoto,  
Michihiro, Nishio, Aichi, JP; Miyoshi, Shinji, Nishio,  
Aichi, JP; Fukuma, Takao, Toyota, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine

⑤7 Es wird eine Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine (1) angegeben, bei der zur Verbesserung des Ansprechens und der Genauigkeit einer Steuerung und zur Beseitigung von Schwankungen der AGR-Raten zwischen den Zylindern eine Kurbelwellenposition entsprechend einem Startzeitpunkt eines Ansaugtakts jedes Zylinders erfaßt wird, ein Ansaugrohrdruck und eine Frischluftmenge während des Ansaugtakts erfaßt werden sowie eine Gesamtansaugmenge anhand des Ansaugrohrdrucks zur Berechnung eines Sollwerts der AGR-Rate berechnet wird. Weiterhin wird bei einem Endzeitpunkt des Ansaugtakts ein Summenwert von Frischluftmengen berechnet, wobei eine AGR-Rate dieses Zylinders als Differenz zwischen der Gesamtansaugmenge und dem Summenwert berechnet wird. In dem Ansaugrohr ist eine Drosselklappe (29) vorgesehen, wobei der Öffnungsgrad der Drosselklappe unabhängig für jeden Zylinder auf einen Soll-Öffnungsgrad gesteuert wird, der derart bestimmt ist, daß die AGR-Rate für jeden Zylinder der Sollwert wird. Zu diesem Steuerungszeitpunkt existiert ein optimaler Wert. Demgegenüber wird das AGR-Ventil (12) derart gesteuert, daß ein Mittelwert R zwischen den Zylindern der AGR-Rate der Sollwert wird.



DE 198 50 127 A 1

DE 198 50 127 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Abgasrückführungssteuervorrichtung (AGR-Steuervorrichtung) einer Brennkraftmaschine, die eine in die Brennkraftmaschine eingeleitete Frischluftmenge und eine Gesamtansaugmenge, die aus der Summe der Frischluftmenge und einer Abgasrückführungsgasmenge zusammengesetzt ist, zur Berechnung der Abgasrückführungsrate und zur Bestimmung der Abgasrückführungsrate entsprechend dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine erfaßt.

Als eine Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine gemäß dem Stand der Technik ist eine Vorrichtung bekannt, bei der ein Abgasrückführungssteuerventil (AGR-Ventil) zur Steuerung der Menge der Abgasrückführung in einem Abgasrückführungs kanal (AGR-Kanal), der ein Abgasrohr und ein Ansaugrohr der Brennkraftmaschine miteinander verbindet, sowie eine Einrichtung zur Erfassung der Menge aller von der Brennkraftmaschine angesaugten Gase und eine Einrichtung zu Erfassung der frisch angesaugten Frischluft vorgesehen sind. Die Differenz der zwei erfaßten Werte wird als ein Rückführungswert des Abgases angesehen, wobei eine Regelung des Öffnungsgrades des AGR-Ventils derart durchgeführt wird, daß dieser Wert gleich einer bestimmten Einstellung wird (vergl. japanische Offenlegungsschrift (Kokai) Nr. 57-148 048).

Das AGR-Ventil ist in dem AGR-Kanal vorgesehen, durch den Abgas mit hoher Temperatur strömt, so daß durch Antrieb mit einem elektrischen Motor oder dergleichen keine hohe Zuverlässigkeit erhalten werden kann. Dementsprechend wird gewöhnlich ein Membran-Stellglied zum Antrieb eines AGR-Ventils verwendet. In diesem Fall ist eine Membrankammer mit einer Unterdruckquelle bzw. Vakuumquelle (Unterdruckpumpe im Falle einer Dieselmotorkraftmaschine oder einem Unterdruckanschluß eines Ansaugrohrs im Falle einer Benzin-Brennkraftmaschine) verbunden. Dabei ist ein Unterdrucksteuermechanismus zur Steuerung des Pegels des in der Membrankammer erzeugten Unterdrucks auf einen vorbestimmten Wert vorgesehen. Der Druck der Membrankammer wird auf den vorbestimmten Unterdruckpegel gebracht, wodurch der gewünschte Hub des AGR-Ventils, d. h. die gewünschte Abgasrückführungsrate (AGR-Rate) erhalten werden kann.

Ein Antriebssystem eines AGR-Ventils unter Verwendung eines Unterdrucksteuermechanismus ist durch Verbindung der Membrankammer mit der Unterdruckquelle (Unterdruckpumpe oder Ansaugrohranschluß) über eine Unterdruckleitung und einem Magnetventil (Solenoidventil) zum Schalten des Unterdrucks aufgebaut, so daß die Länge des Unterdruckleitungssystems lang wird und das Ansprechen des Magnetventils nicht immer gut ist. Folglich kann leicht eine Betätigungsverzögerung bei dem AGR-Ventil auftreten. Eine derartige Betätigungsverzögerung kann insbesondere dann leicht ein Problem verursachen, wenn die AGR-Rate unabhängig für jeden Zylinder gesteuert wird, was zu einem Problem dahingehend führt, daß bei der Abgasrückführungssteuervorrichtung der Brennkraftmaschine kein gutes Ansprechen und kein hochgenauer Betrieb erwartet werden kann.

Zur Lösung dieses Problems liegt daher der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine bereit zustellen, die im Betrieb konstant ein gutes Ansprechen und eine hohe Genauigkeit beibehält. Dabei soll eine Abgasrückführungssteuervorrichtung geschaffen werden, die die AGR-Raten der Zylinder unabhängig voneinander steuern kann, obwohl die Abgasrückführungssteuervorrichtung für alle Zylinder gemeinsam dient, und dadurch die AGR-Raten aller Zylinder

gleichförmig halten kann.

Gemäß der Erfindung, wie im wesentlichen in Fig. 1 und 2 gezeigt, erfaßt die Vorrichtung eine Kurbelwinkelposition entsprechend einem Startzeitpunkt eines Ansaugtakts jedes Zylinders der Brennkraftmaschine, erfaßt einen Ansaugrohrdruck  $V_p$  und eine Frischluftmenge  $V_N$  während des Ansaugtakts, berechnet eine Gesamtansaugmenge  $Q_A$  anhand des Ansaugrohrdrucks  $V_p$  und berechnet eine Soll-Abgasrückführungsrate  $RT$ . Außerdem wird ein Summenwert  $QN$  der Frischluftmenge am Endzeitpunkt des Ansaugtakts sowie eine Abgasrückführungsrate  $RE_i$  des Zylinders als Differenz der Gesamtansaugmenge  $Q_A$  und des Summenwerts  $QN$  berechnet. Außerdem weist die Vorrichtung eine Ansaugluft-Drosselklappe bzw. Drosselklappe in dem Ansaugrohr auf und steuert den Öffnungsgrad der Drosselklappe unabhängig für jeden Zylinder auf einen endgültigen Soll-Öffnungsgrad  $TRFi+1$ , der derart bestimmt ist, daß die Abgasrückführungsrate  $RE_i$  für jeden Zylinder der Sollwert wird. Dabei steuert die Vorrichtung die Abgasrückführungsrate derart, daß ein Mittelwert  $R$  zwischen den Zylindern der Abgasrückführungsrate der Sollwert  $RT$  wird.

Jedoch wird mit der Steuerung lediglich wie oben beschrieben der Öffnungsgrad der Drosselklappe unabhängig für jeden Zylinder gesteuert, nichtsdestotrotz liegt der Betätigungszeitpunkt (Zeitpunkt des Antriebs) der Drosselklappe unmittelbar nach der Berechnung des endgültigen Soll-Öffnungsgrads  $TRFi+1$  der Drosselklappe. Daher erfolgt die Steuerung des Zeitverlaufs für jeden Zylinder nicht unabhängig. Aus diesem Grund treten in Abhängigkeit von der Bauart der Brennkraftmaschine Fälle auf, bei denen die Abgasrückführungsrate nicht unabhängig für jeden Zylinder gesteuert werden kann und daher sich die Zylinder manchmal gegenseitig beeinflussen.

Daher haben die Erfinder dieser Erfindung dieses Problem weiter untersucht und als Ergebnis entdeckt, daß es einen Betätigungszeitpunkt gibt, der eine unabhängige Steuerung der Abgasrückführungsrate einzelner Zylinder, das heißt im wesentlichen unbeeinflusst von den anderen Zylindern, zwischen einer Vielzahl von parallel zu der Drosselklappe angeordneten Zylindern ermöglicht, wobei die Drosselklappe in Strömungsrichtung hinter den Zylindern angeordnet ist.

Dieser Punkt ist unter Bezug auf Fig. 3 näher beschrieben. Fig. 3 zeigt die Veränderung der AGR-Rate der Zylinder in dem Fall einer Vier-Zylinder-Dieselmotorkraftmaschine unter einer Betriebsbedingung mit einer Drehzahl von 800 U/min und einem Ausgangsdrehmoment von 27 Nm sowie einem Öffnungsgrad der Drosselklappe, die zu der Schließseite der Klappe um exakt  $3,2^\circ$  in  $180^\circ$  (Kurbelwinkel, CA) bei jeder zweiten Drehung der Kurbelwelle betätigt wird. Die Fälle (a) bis (d) zeigen Fälle, bei denen der Startzeitpunkt der Klappenschließbetätigung der Drosselklappe in bezug auf den Kurbelwinkel um einen Winkel von Vielfachen von  $45^\circ$  (Kurbelwinkel) nach dem oberen Totzeitpunkt (TDC) eines ersten Zylinders, d. h. bei (a)  $500^\circ$ , (b)  $545^\circ$ , (c)  $590^\circ$  und (d)  $635^\circ$ . Es sei bemerkt, daß (e) als Referenz den Fall eines festeingestellten Öffnungsgrads der Drosselklappe zeigt. Außerdem gibt "Durchschnitt" den Mittelwert aller Zylinder an.

Im Vergleich mit der AGR-Rate im dem Fall einer als Referenz dargestellten, festeingestellten Drosselklappe sind die AGR-Raten des ersten Zylinders und des zweiten Zylinders bei  $500^\circ$  (Kurbelwinkel) im Falle von (a) um große Werte erhöht. Wenn der Startzeitpunkt des Klappenschließvorgangs verzögert ist, ist die Erhöhung der AGR-Rate des zweiten Zylinders kleiner, wobei schließlich bei  $635^\circ$  (Kurbelwinkel) im Fall (d) lediglich der erste Zylinder einen Anstieg der AGR-Rate zeigt. Daraus folgt, daß die AGR-Rate

einzelner Zylinder unabhängig erhöht oder verringert werden kann, falls die Drosselklappe derart gesteuert wird, daß sie bei einem bestimmten optimalen Zeitpunkt betätigt wird.

Die Erfinder beachteten diesen Punkt und lösten das vorstehend beschriebene Problem durch Steuerung der Betätigung des Drosselklappe an dem optimalen Zeitpunkt für jeden Zylinder, um die Abgasrückführungsrate jedes Zylinders individuell zu steuern, wodurch die Abgasrückführungsrate aller Zylinder auf einen gewünschten Wert ausgerichtet werden.

Genauer wird erfindungsgemäß zur Lösung des Problems eine Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine gemäß den beiliegenden Patentansprüchen geschaffen.

Bei einer Ausgestaltung gemäß Patentanspruch 1 wird eine Durchströmungsflächensteuereinrichtung (Einrichtung zur Steuerung der Fläche bzw. Querschnittsfläche der Durchströmung) des Ansaugsystems (Drosselklappe) entsprechend der Abgasrückführungsrate angetrieben, die entsprechend dem Abgasrückführungssteuerventil bestimmt ist, damit Abgasrückführungsrate zusätzlich auf die gewünschte Rate gesteuert wird. Aus diesem Grund kann im Vergleich mit einem Fall, bei dem die Abgasrückführungsrate lediglich durch das Abgasrückführungssteuerventil unter Verwendung eines Unterdruckantriebs gesteuert wird, das Ansprechen verbessert werden.

Bei einer Ausgestaltung gemäß Patentanspruch 2 steuert die Durchströmungsflächensteuereinrichtung die Durchgangsfläche unabhängig für jeden Zylinder. Dementsprechend wird es möglich, alle Abgasrückführungsrate durch individuelle Steuerung der Abgasrückführungsrate der Zylinder auszurichten, selbst falls eine Differenz zwischen den Abgasrückführungsrate der Zylinder besteht.

Gemäß einer in Patentanspruch 3 angegebenen Ausgestaltung wird die Durchströmungsflächensteuereinrichtung zu dem optimalen Zeitpunkt eines Ansaugtakts eines individuellen Zylinders betätigt, um die Abgasrückführungsrate des Zylinders zu steuern. Daher ist es möglich, die Abgasrückführungsrate mit einem guten Ansprechen und hoher Genauigkeit für jeden Zylinder zu steuern, weshalb die Differenz der Abgasrückführungsrate zu anderen Zylindern zuverlässig unterdrückt werden kann.

Gemäß einer in Patentanspruch 4 angegebenen Ausgestaltung wird die Abgasrückführungssteuerung für jeden Zylinder konkret unter Verwendung eines zweidimensionalen Diagramms ausgeführt.

Gemäß einer in Patentanspruch 5 angegebenen Ausgestaltung kann eine ähnliche Wirkung wie gemäß Patentanspruch 1 erzielt werden, indem die Abgasrückführungsrate durch eine dritte Berechnungseinrichtung auf der Grundlage der Frischluftmenge berechnet wird, die durch eine erste Berechnungseinrichtung anhand eines durch eine erste Erfassungseinrichtung erfaßten Wertes berechnet wird, und einer Gesamtansaugmenge, die durch eine zweite Berechnungseinrichtung anhand eines erfaßten Wertes einer zweiten Erfassungseinrichtung berechnet wird, um die Durchströmungsflächensteuereinrichtung zu steuern.

Gemäß einer in Patentanspruch 6 angegebenen Ausgestaltung kann die Abgasrückführungsrate anhand der erfaßten Werte einer Luftströmungsmeßeinrichtung und einer Druckerfassungseinrichtung korrekt ermittelt werden.

Gemäß einer in Patentanspruch 7 angegebenen Ausgestaltung kann eine Schwankung eines gemessenen Wertes durch Summierung der erfaßten Werte der Frischluftmenge beseitigt werden.

Gemäß einer in Patentanspruch 8 angegebenen Ausgestaltung wird die Abgasrückführungsrate entsprechend dem Wert der zwischen den Zylindern gemittelten Gesamtan-

saugmenge gesteuert, damit die Schwankungen der Abgasrückführungsrate zwischen den Zylindern minimiert werden können.

Gemäß einer in Patentanspruch 9 angegebenen Ausgestaltung kann dieselbe Betriebsart und Wirkung wie im Fall des Patentanspruchs 2 erzielt werden, indem die Durchströmungsflächensteuereinrichtung für jeden Zylinder unabhängig gesteuert wird.

Gemäß einer in Patentanspruch 10 angegebenen Ausgestaltung kann eine ähnliche Betriebsart und Wirkung wie bei dem Fall des Patentanspruchs 3 erzielt werden, indem die Durchströmungsflächensteuereinrichtung für jeden Zylinder an dem optimalen Zeitpunkt unabhängig gesteuert wird.

Gemäß den in Patentansprüchen 11 bis 13 angegebenen Ausgestaltungen der Erfindung wird zusätzlich zu der Steuerung der Durchgangsflächensteuereinrichtung durch Steuerung des Abgasrückführungssteuerventils entsprechend einer zwischen den Zylindern gemittelten Abgasrückführungsrate eine schnellere Steuerung auf die gewünschte Abgasrückführungsrate verwirklicht.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen Teil eines Flußdiagramms zur Beschreibung der in Fig. 5 gezeigten Steuerschaltung,

Fig. 2 den restlichen Teil des Flußdiagramms gemäß Fig. 1,

Fig. 3 einen Graphen der Änderung einer AGR-Rate jedes Zylinders durch die Betätigung einer Drosselklappe,

Fig. 4 eine Ansicht des Gesamtaufbaus einer Brennkraftmaschine gemäß einem Ausführungsbeispiel, ...

Fig. 5 ein Blockschaltbild des Aufbaus der Steuerschaltung und

Fig. 6 Zeitverläufe zur Beschreibung der Betätigung durch die Steuerschaltung, um ein Einschaltverhältnisses zu steuern.

Nachstehend ist die Erfindung unter Bezug auf Fig. 4 bis Fig. 6 konkreter für ein Ausführungsbeispiel im Falle der Anwendung auf eine Diesel-Brennkraftmaschine (Dieselmotor) beschrieben, die einen Turbolader aufweist und mit einer Wirbelkammer ausgestattet. In der Darstellung gemäß Fig. 4 bezeichnet das Bezugszeichen 1 den Aufbau der Diesel-Brennkraftmaschine, 2 eine Wirbelkammer, 3 einen Kolben, 4 eine in der Wirbelkammer 2 vorgesehene Kraftstoffeinspritzeinrichtung und 5 ein Abgasventil. Das Abgasventil 5 ist mit einem Abgasrohr 6 verbunden. Ein nicht dargestelltes Ansaugventil ist mit einem Ansaugrohr 7 verbunden. Das Bezugszeichen 8 bezeichnet den Turbolader.

Der Turbolader 8 besteht aus einer in dem Abgasrohr 6 angeordneten Turbine 9 und einem in dem Ansaugrohr 7 angeordneten Kompressor 10. Kraftstoff aus einer Kraftstoffeinspritzpumpe (von der in Fig. 1 lediglich deren Welle 22 dargestellt ist) wird wie bekannt unter Druck in die Kraftstoffeinspritzeinrichtung 4 geführt.

Das Abgasrohr 6 in Strömungsrichtung oberhalb der Turbine 9 und das Ansaugrohr 7 in Strömungsrichtung unterhalb des Kompressors 10 sind durch einen Abgasrückführungs Kanal (AGR-Kanal) 11 verbunden. Das Abgasrückführungsventil (AGR-Ventil) 12 ist über dem AGR-Kanal 11 angeordnet. Das AGR-Ventil 12 besteht aus einem Ventilkörper 13 und einer Membran 14, die mit dem Ventilkörper 13 verbunden ist und die Strömungsrate des durch den AGR-Kanal 11 strömenden Abgasrückführungsgases (AGR-Gases) durch Steuerung des Hubs des Ventilkörpers 13 entsprechend dem Unterdruck steuert. Je höher der Hub des Ventilgehäuses 13 ist, desto höher ist die Öffnungsfläche dieses AGR-Ventils 12 und desto höher ist die Strömungsrate des AGR-Gases. Die Größe des Hubs des Ventilkörpers

13 wird entsprechend der Größe des Unterdrucks einer durch die Membran 14 gebildeten Membrankammer 15 bestimmt. Das heißt, daß je stärker das Unterdruck ist, desto größer ist der Aufwärts-Versatz der Membran 14 gemäß der Figur, und desto größer ist auch der Hub. Die Membrankammer 15 ist durch eine Unterdruckleitung 17 mit einer Unterdruckpumpe 16 verbunden. Der Unterdruck aus der Unterdruckpumpe 16 wird der Membrankammer 15 zugeführt.

Ein Dreiweg-Magnetventil (Dreiweg-Solenoidventil) 18 ist an der Unterdruckleitung 17 zur Steuerung des Unterdrucks der Membran 14 vorgesehen. Die Unterdruckleitung 17 ist zur Umgebungsluft durch ein Rohr 18a an der mit der Membrankammer 15 verbundenen Seite des Magnetventils 18 geöffnet. Eine Mündung 18b ist in dieser Umgebungsluftöffnung vorgesehen. Weiterhin ist der Ventilkörper 18 mit einer Spule 19 versehen. Der Ventilkörper 18 wird durch Steuerung der Stromzufuhr zu der Spule 19 angetrieben, wodurch die Zufuhr des Unterdrucks aus der Unterdruckpumpe 16 in die Membrankammer 15 gesteuert wird. Das heißt, daß die Verbindung (Kommunikation) zwischen der Unterdruckpumpe 16 und dem Membrankammer 15 unterbrochen wird und der Hub des Ventilkörpers 13 minimal wird, wenn der Spule 19 kein elektrischer Strom zugeführt wird, so daß kein AGR-Betrieb ausgeführt wird. Demgegenüber wird bei Versorgung der Spule 19 mit elektrischen Strom der Unterdruck aus der Unterdruckpumpe 16 der Membrankammer 15 zugeführt und der Ventilkörper 13 angehoben. Die Zufuhr elektrischen Stroms der Spule 19 wird durch eine Steuerschaltung 50 (ein Mikrocomputersystem) wie nachstehend beschrieben durch Steuerung des Einschaltverhältnisses gesteuert, wird der Ventilkörper 13 des AGR-Ventils 12 auf den gewünschten Hub gesteuert und wird folglich die AGR-Menge gesteuert.

Ein als Durchströmungsflächensteuereinrichtung, die die Frischluft-Durchgangsfläche steuern kann, dienende Ansaugdrosselklappe bzw. Drosselklappe 29 ist zwischen dem Kompressor 10 und einem Zusammenflußpunkt des AGR-Durchgangs 11 und des Ansaugrohrs 7 angeordnet. Die Klappenwelle dieser Drosselklappe 29 ist über eine nicht dargestellte Verbindungseinrichtung wie ein Getriebe mit einer elektrischen Rotationsantriebsvorrichtung wie einem Schrittmotor 30 verbunden. Der Schrittmotor 30 wird bei Empfang eines Antriebssignals aus der Steuerschaltung 50 in Drehung versetzt und kann frei den Öffnungsgrad der Drosselklappe 29 (d. h. die Frischluftmenge) steuern.

Eine ein elektrisches Signal (analoges Signal) entsprechend der Menge der angesaugten Frischluft ausgebende Luftströmungsmeßeinrichtung 20 ist in Strömungsrichtung oberhalb des Kompressors 10 in dem Ansaugrohr 7 angeordnet. Weiterhin ist in dem Ansaugrohr 7 in Strömungsrichtung unterhalb des Kompressors 10 eine Druckerfassungseinrichtung 21 angeordnet, die entsprechend dem Ansaugrohrdruck ein elektrisches Signal (analoges Signal) ausgibt. Signale aus diesen Sensoren bzw. Erfassungseinrichtungen 20 und 21 werden der Steuerschaltung 50 als Strömungsrate (g/U bzw. g/Umdrehung) pro Umdrehung der Brennkraftmaschine zugeführt. Die Differenz der zwei Signale wird als Abgasrückführungsmenge (AGR-Menge) bestimmt. Daten der AGR-Menge entsprechend der Drehzahl (Umdrehungsgeschwindigkeit) der Brennkraftmaschine und dem Öffnungsgrad eines Einstellhebels der Kraftstoffeinspritzpumpe, bei dem es sich um einen Faktor entsprechend der Brennkraftmaschinenlast handelt, sind in einer Speichereinrichtung (einem ROM bzw. Festpeicher) der Steuerschaltung 50 gespeichert. Falls es eine Differenz zwischen der erfaßten AGR-Menge und der gespeicherten AGR-Menge gibt, steuert die Steuerschaltung 50 die Zufuhr elektrischen Stroms zu der Spule 19 in eine die Differenz be-

stimmenden Richtung.

Ein geeignetes bekanntes Verfahren kann als Verfahren zur Erfassung der Drehzahl verwendet werden, jedoch ist der Drehzahlsensor gemäß dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel durch eine Drehwelle 22 der Kraftstoffeinspritzpumpe (die mit der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine verbunden ist) aufgebaut, an der ein Drehkörper mit einer Vielzahl von in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Vorsprüngen 23 befestigt ist und an dem ein Magnetaufnehmer (Solenoidaufnehmer) 24 wie ein Hall-Element diesen Vorsprüngen 23 zugewandt angeordnet ist. Dementsprechend wird aus dem Magnetaufnehmer 24 ein Impulssignal mit einem Impulsintervall entsprechend dem Intervall bzw. Abstand der Vorsprünge 23 erhalten.

Demgegenüber ist an der Kurbelwelle 38 der Brennkraftmaschine ein Drehkörper angebracht, der ein Paar Vorsprünge 27 an gegenüberliegenden Positionen auf dessen Durchmesser aufweist. Ein ähnlicher wie vorstehend beschriebener, aus einem Hall-Element oder dergleichen bestehender zweiter Magnetaufnehmer (Solenoidaufnehmer) 28 ist diesen Vorsprüngen 27 zugewandt angeordnet. Durch die Vorsprünge 27 kann eine halbe Umdrehung der Kurbelwelle, d. h. eine Drehung von 180° erfaßt werden.

Weiterhin ist gemäß der Darstellung in Fig. 1 ein Potentiometer 25 vorgesehen, damit die Position des Einstellhebels der Kraftstoffeinspritzpumpe in Erfahrung gebracht werden kann. Ein Schleifkontakt 25a des Potentiometers bewegt sich zusammen mit dem Einstellhebel der Kraftstoffeinspritzpumpe. Mittels dieses Schleifkontakts 25a kann ein an dem Schleifkontakt 25a anliegendes Spannungssignal entsprechend der Position des Einstellhebels erhalten werden.

Außerdem ist an einer Nockenwelle 26 zum Antrieb des Abgasventils ein Drehkörper mit einem Vorsprung 40 in Umfangsrichtung angebracht. Ein ähnlicher wie vorstehend beschriebener, aus einem Hall-Element oder dergleichen bestehender dritter Magnetaufnehmer (Solenoidaufnehmer) 41 ist diesem Vorsprung 40 zugewandt angeordnet. Durch die Erfassung des Vorsprungs 40 können zwei Umdrehungen der Kurbelwelle, d. h. eine Drehung um 720° erfaßt werden.

Nachstehend ist unter Bezug auf Fig. 5 der Aufbau der Steuerschaltung 50 beschrieben. Die Steuerschaltung 50 ist mit einem Eingangsanschluß 501, der mit einem Schleifkontakt 20a eines einen Teil der Luftströmungsmeßeinrichtung 20 bildenden Potentiometers verbunden ist, einem Eingangsanschluß 503, der mit dem Schleifkontakt 25a des Positionserfassungspotentiometers 25 der Kraftstoffeinspritzpumpe verbunden ist, einem mit dem ersten Magnetaufnehmer 24 verbundenen Eingangsanschluß 504, einem mit dem zweiten Magnetaufnehmer 28 verbundenen Eingangsanschluß 505 und außerdem mit einem mit dem dritten Magnetaufnehmer 41 verbundenen Eingangsanschluß 515 versehen.

Weiterhin ist die Steuerschaltung 50 mit einem Ausgangsanschluß 506 versehen, der mit der Spule (Magnetspule, Solenoidspule) 19 des AGR-Ventils 12 verbunden ist. Außerdem weist die Steuerschaltung 50 zwischen den Eingangsanschlüssen und diesem Ausgangsanschluß einen Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler) 510, einen Zähler 520, eine Zentraleinheit (CPU) 530, einen ersten Oszillator 3540, einen Vergleichler 550, einen zweiten Oszillator 560 und eine Ansteuerschaltung 570 auf. Der A/D-Wandler 510 ist mit den Eingangsanschlüssen 501, 502 und 503 verbunden, wobei der A/D-Wandler 510 bekanntermaßen aus einem Multiplexer und einer A-D-Umwandlungsschaltung, drei Speicherschaltungen, einer Schaltung zum Schalten des Multiplexers sowie einer Zeitverlaufsimpulsschaltung besteht, die den A/D-Wandler aktiviert und gleichzeitig Aus-

wahlsignale der Speicherschaltungen erzeugt. Der A/D-Wandler 510 und die drei Speicherschaltungen können beispielsweise aus 12-Bit-Konfigurationen bestehen.

Der Zähler 520 ist mit den Eingangsanschlüssen 504, 505 und 515 verbunden, an die der erste Magnetaufnehmer 24, der zweite Magnetaufnehmer 28 und der dritte Magnetaufnehmer 41 angeschlossen sind, die jeweils Impulssignale erzeugen. Der Zähler 520 besteht aus einer Zäblerschaltung zum Zählen der Impulszahl aus dem ersten Magnetaufnehmer 24, einer Speicherschaltung zum Speichern dieser Anzahl und einer Zeitverlaufsimpulsschaltung, die ein Torsignal für die Zäblerschaltung, ein Rücksetzsignal und ein Zwischenspeichersignal (Latchesignal) für die Zäblerschaltung erzeugt. Acht Bit eines Binärcodesignals werden aus dem Zähler 520 ausgegeben. Das Impulssignal aus dem zweiten Magnetaufnehmer 28 wird zum Zurücksetzen der Zäblerschaltung verwendet. Weiterhin wird das Impulssignal aus dem dritten Magnetaufnehmer 41 zur Unterscheidung des Zylinders verwendet.

Die CPU 530 besteht aus einem Mikrocomputer, einer Drei-Zustands-Pufferschaltung zur Verbindung des Ausgangs des A/D-Wandlers 510 und des Ausgangs des Zählers 520 und einer Busleitung des Mikrocomputers sowie einer Speicherschaltung zum Speichern des Ausgangswerts des Mikrocomputers. Einzelheiten dieser Schaltung stellen keine wesentlichen Teile dieser Erfindung dar, weshalb deren Beschreibung entfällt. Weiterhin arbeitet der Mikrocomputer mit einer internen Taktfrequenz von 2 MHz. Wenn die Stromversorgung eingeschaltet wird, wird eine Initialisierung durchgeführt und das Programm an der vorab festgelegten Adresse in dem ROM ausgeführt.

Der erste Oszillator 540 der Steuerschaltung 50 erzeugt ein Triggerimpuls von 20 Hz. Dieser Triggerimpuls wird ein Zeitgeber-Prüfsignal der CPU 530 und das Rücksetzsignal des Vergleichers 550. Der Vergleich 550 empfängt als dessen Eingang das Taktsignal von 20 Hz aus dem zweiten Oszillator mit dem Triggerimpuls aus dem ersten Oszillator 540 als Grundpunkt und wandelt den aus der CPU 530 ausgegebenen Binärcode in eine Impulsbreite um. Der Ausgang des Vergleichers 550 wird in die Ansteuerschaltung bzw. Magnetventil-Ansteuerschaltung 570 eingegeben, das eingegebene Signal verstärkt und das ausgegebene Signal von dem Ausgangsanschluß 506 an die Spule 19 des Magnetventils 18 angelegt.

Die CPU 530 ist mit einer Ansteuerschaltung 580 zur Ansteuerung des Schrittmotors 30 verbunden, um die Drosselklappe anzutreiben bzw. zu betätigen. Deren Ausgangssignal wird über einen Anschluß 507 an die Spule des Schrittmotors 30 angelegt. Jede bekannte Verarbeitung aus dem Stand der Technik kann für das Verfahren zur Bildung des Ausgangssignals aus der CPU 530 zur Ansteuerung des Schrittmotors 30 und zur Verstärkung der Ansteuerschaltung 580 verwendet werden, weshalb deren ausführliche Beschreibung entfällt.

Ein konstante Spannungen wird an die beiden Enden des Potentiometers der Luftströmungsmesseinrichtung 20 angelegt, wobei an dessen Schleifkontakt 20a eine Spannung  $V_N$  entsprechend der Ansaugluftmenge auftritt. Die Spannung  $V_N$  wird durch den A/D-Wandler 510 in einen Binärcode umgewandelt und in der Speicherschaltung gespeichert. In ähnlicher Weise wird ein Spannungssignal  $V_P$  entsprechend dem Druck aus der Druckerfassungseinrichtung 21 sowie ein Spannungssignal  $V_L$  entsprechend der Position des Einstellhebels der Kraftstoffeinspritzpumpe analog-digital gewandelt und in der Speicherschaltung gespeichert. Demgegenüber zählt der Zähler 520 die Impulszahl des Impulssignals aus dem ersten Magnetaufnehmer 24. Dieser Zählwert wird in der internen Speicherschaltung gespeichert. Weiter-

hin wird das Impulssignal aus dem zweiten Magnetaufnehmer 28 zum Löschen des Zählers 520 verwendet. Das Impulssignal aus dem dritten Magnetaufnehmer 41 wird zur Unterscheidung des Startzeitpunkts des Ansaugtakts eines betreffenden Zylinders (beispielsweise des ersten Zylinders) verwendet.

Nachstehend ist der Betrieb der CPU 530 unter Bezug auf die in Fig. 1 und 2 gezeigten Flußdiagramme ausführlich beschrieben. Die Verarbeitung wird bei Einschalten der Stromversorgung (Energieversorgung) begonnen. Der Betrieb wird bei Schritt 101 begonnen, bei dem alle Speicher, Register und Anschlüsse der CPU 530 initialisiert werden. Bei Schritt 101-1 wird entschieden, ob  $i = 0$  ist oder nicht, wobei  $i$  ein Zylinderindex ist. Bei  $i = 0$  handelt es sich um den Zeitpunkt, wenn der Ansaugtakt bei einem betreffenden Zylinder (beispielsweise dem ersten Zylinder) begonnen wird und entspricht einem Impuls, der bei einem Zyklus von  $720^\circ$  (Kurbelwinkel) erzeugt wird.

Bei Schritt 102 wird entschieden, ob ein Impulszähler (Rotationsimpulszähler)  $C_n = 0$  ist. Bei  $C_n = 0$  handelt es sich um den Zeitpunkt, wenn der Ansaugtakt bei irgendeinem Zylinder begonnen wird und gleichzeitig der Ansaugtakt in einem anderen Zylinder beendet wird. Es ist nämlich eine Zählroutine vorgesehen, die durch den Impuls aus dem ersten Magnetaufnehmer 24 inkrementiert und durch einen Impuls jeweils bei  $180^\circ$  aus dem zweiten Magnetaufnehmer 28 gelöscht wird. Bei der Kurbelwinkelposition, bei der der zweite Magnetaufnehmer 28 einen Impuls erzeugt, entspricht ein bestimmter Zylinder dem Start des Ansaugtakts. Gleichzeitig entsprechen andere Zylinder dem Ende des Ansaugtakts. Bei dieser Position wird  $C_n$  auf 0 gesetzt.

Wenn der Zählwert ( $C_n$ ) nicht 0 ist, das heißt, wenn die Entscheidung bei Schritt 102 negativ ist, schreitet der Ablauf von dem Schritt 102 zu Schritt 103 voran, bei dem eine Entscheidung getroffen wird, ob ein bei jeder vorbestimmten Zeitdauer  $T_1$  erzeugtes Signal eingegeben wird. Wenn entschieden wird, daß ein Impulssignal eingegeben wird, das erzeugt wird, wann immer die Zeit  $T_1$  verstreicht, schreitet der Ablauf zu Schritt 104 voran. Wenn dies nicht entschieden wird, schreitet der Ablauf zu Schritt 109 voran. Schritte 104 bis 108, die nach Entscheidung, daß die Zeit  $T_1$  verstrichen ist, ausgeführt werden, geben die Berechnungsroutine für den Sollwert der AGR-Rate an. Im einzelnen wird bei Schritt 104 der in der Speicherschaltung des A/D-Wandlers 510 gespeicherte Ansaugrohrdruckwert  $V_P$  gelesen. Bei Schritt 105 werden in ähnlicher Weise der in der Speicherschaltung des A/D-Wandlers 510 gespeicherte Ansaugluftwert  $V_L$  gelesen.

Der Schritt 106 gibt die Berechnung der Maschinendrehzahl (Umdrehungsgeschwindigkeit der Brennkraftmaschine)  $N$  an. Die Drehzahl  $N$  wird durch die Zeit  $T_{180}$  zur Drehung der Kurbelwelle um  $180^\circ$  berechnet. Das heißt, daß der Zähler 520 durch das Impulssignal aus dem zweiten Magnetaufnehmer 28 bei jeder Drehung der Kurbelwelle um  $180^\circ$  gelöscht wird. Der Wert von  $T_{180}$  ist die verstrichene Zeitdauer von dem Zeitpunkt, wenn die Anzahl der Impulse beim vorherigen Mal 0 wird, bis zu dem Zeitpunkt, wenn die Anzahl der Impulse des Zählers 520 beim gegenwärtigen Mal 0 wird.

Der Schritt 107 gibt die Berechnung der Menge des in einen Zylinder zu saugenden gesamten Gases bzw. der Gesamtgasmenge  $Q_A$  an. Die Gesamtgasmenge  $Q_A$  kann durch den durch die Druckerfassungseinrichtung 21 erfaßten Ansaugrohrdruckwert  $V_P$  und der Maschinendrehzahl berechnet werden. Es gibt nämlich ein konstantes Verhältnis zwischen dem Ansaugrohrdruckwert  $V_P$  und der Maschinendrehzahl  $N$ . Dieses Verhältnis wird in der CPU 530 als ein zweidimensionales Diagramm  $f$  gespeichert, weshalb



der Wert der Gesamtgasmenge entsprechend dem bei Schritt 104 gelesenen Ansaugrohrdruckwert VP und der bei Schritt 106 berechneten Maschinendrehzahl N interpoliert wird.

Schritt 108 gibt die Berechnung des Sollwerts RT der optimalen AGR-Rate in dessen Brennkraftmaschinenbetriebsbedingung an. Es gibt nämlich ein konstantes Verhältnis zwischen der Position des Einstellhebels (Ausgangswerts des Potentiometers 25)  $V_L$  der Kraftstoffeinspritzpumpe entsprechend der Kraftstoffeinspritzmenge (Last) und der Maschinendrehzahl N. Dieses Verhältnis ist in der CPU 530 als zweidimensionales Diagramm g gespeichert. Daher wird bei dem Schritt 108 der Soll-AGR-Wert RT entsprechend dem Ausgangswert  $V_L$  des Potentiometers und einem tatsächlich gemessenen Werts der Maschinendrehzahl N interpoliert.

Bei Schritt 109 wird der Soll-Drosselklappenöffnungsgrad TR berechnet, der für die Betätigungszustände optimal ist. Es gibt nämlich ein vorbestimmtes Verhältnis zwischen der Position (dem Potentiometerausgangswert)  $V_L$  des Einstellhebels der Kraftstoffeinspritzpumpe entsprechend der Kraftstoffeinspritzmenge (Last) und der Maschinendrehzahl N. Dieses Verhältnis wird in der CPU 530 als zweidimensionales Diagramm h gespeichert. Bei dem Schritt 109 wird der Soll-Drosselklappenöffnungsgrad TRB entsprechend dem Ausgangswert  $V_L$  des Potentiometers 25 und dem tatsächlich gemessenen Wert der Maschinendrehzahl N interpoliert.

Schritte 110 bis 113 geben die Verarbeitung zur Summierung des Zählwerts der Luftströmungsmeßeinrichtung 20 an. Bei Schritt 110 handelt es sich um die Zeitgeberüberprüfung zur Erfassung des Ausgangssignals der Luftströmungsmeßeinrichtung. Es wird entschieden, ob ein Signal bei jedem vorbestimmten Zeitzyklus T2 eingegeben wird. T2 ist vorzugsweise kürzer als die Zeitdauer zur Ausführung des Ansaugtakts eines Zylinders bei der höchsten Drehzahl der Brennkraftmaschine, so daß die Ansaugluftmenge jedes Zylinders auch bei einer hohen Drehzahl erfaßt werden kann. Wenn entschieden wird, daß ein T2-Impuls eingegeben wird, schreitet der Ablauf zu Schritt 111 voran, bei dem in der Speicherschaltung des A/D-Wandlers 510 gespeicherte, gezählte Wert VN der Luftströmungsmeßeinrichtung 20 gelesen wird. Bei Schritt 112 wird der bei Schritt 111 gelesene Wert von  $V_N$  summiert. Das heißt, daß  $\Sigma V_N$  berechnet wird. Schritt 113 gibt die Inkrementierung des Summationszählers (die Anzahl der Summierungen zählenden Zählers) CAD an.

Wenn der Wert Cn des Rotationsimpulszählers bei Schritt 102 gleich 0 ist, das heißt, wenn es sich um den Zeitpunkt zum Starten oder Enden des Ansaugtakts handelt, schreitet der Ablauf zu Schritt 201 voran, bei dem der Zylinderindex i inkrementiert wird. Darauf folgend wird bei Schritt 202 entschieden, ob  $i > 4$  ist. Wenn  $i > 4$  gilt, wird bei Schritt 203 i auf 1 gesetzt. Die Verarbeitungen der Schritte 201 bis 203 werden jeweils bei einem Kurbelwinkel von  $180^\circ$  ausgeführt, wobei die Zündungsreihenfolge derart bestimmt wird, daß der Wert von i mit der Nummer des den Ansaugtakt zu diesem Zeitpunkt ausführenden Zylinders in Übereinstimmung gebracht werden kann. Es sei bemerkt, daß in diesem Beispiel mit  $i = 1$  stets der erste Zylinder bestimmt ist, so daß es keine Veränderung gibt, selbst wenn die Brennkraftmaschine gestoppt oder neu gestartet wird.

Bei Schritt 204 wird die Menge (Gramm) der Frischluftmenge bei einem Ansaugtakt jedes Zylinders anhand der folgenden Gleichung berechnet:

$$QNi = (\Sigma V_N / CAD) \times T180$$

Dabei ist T180 die zur Drehung der Kurbelwelle um  $180^\circ$  (d. h. den Kurbelwinkel eines Ansaugtakts) erforderliche

Zeitdauer, wie vorstehend beschrieben. In dieser Gleichung wird durch Teilen des Summenwertes  $\Sigma V_N$  der gemessenen Werte der Luftströmungsmeßeinrichtung 20 durch die Anzahl der Summierungen CAD der Mittelwert der gemessenen Werte der Luftströmungsmeßeinrichtung 20 erhalten. Durch Multiplikation mit der Zeitdauer der Drehung der Kurbelwelle um  $180^\circ$ , d. h. der zur Ausführung eines Ansaugtakts erforderlichen Zeitdauer, wird die Menge angesaugter Frischluft pro Ansaugtakt berechnet.

Bei Schritt 205 wird die AGR-Gasmenge Q<sub>Ei</sub> jedes Zylinders berechnet. Bei der AGR-Gasmenge Q<sub>E</sub> handelt es sich nämlich um eine, die durch Subtraktion der bei Schritt 107 berechneten, in die Zylinder anzusaugenden Gesamtgasmenge QA. Bei Schritt 206 wird die AGR-Rate als das Verhältnis von der AGR-Gasmenge Q<sub>Ei</sub> in Bezug auf die Gesamtgasmenge QA berechnet. Schritt 207 dient zum Speichern des bei Schritt 206 berechneten Werts der AGR-Rate in der Variablen RE<sub>i</sub> als die AGR-Rate des Zylinders i.

Bei Schritt 208 wird die AGR-Rate aller Zylinder  $i = 1$  bis 4 addiert. Durch Teilen durch die Zylinderanzahl 4 wird eine Durchschnitts-AGR-Rate für alle Zylinder berechnet.

Schritte 209 und 210 geben die Bildung des Antriebssignals für die Spule 19 des Magnetventils 18 an. Bei dem Schritt 209 wird durch Subtraktion einer bei dem Schritt 208 gegenwärtig gemessenen mittleren AGR-Rate R von der bei dem Schritt 108 berechneten Soll-AGR-Rate RT eine Steuerabweichung  $\Delta D$  berechnet.

Bei dem Schritt 210 wird eine Einschaltdauer DP' des Dreiweg-Magnetventils 18 durch

$$DP' = DP + \Delta D \times K$$

berechnet. Dabei bezeichnet in dieser Gleichung K die Verstärkung, wobei durch Fortsetzung der Ausführung der Verarbeitung des Schritts 210 bei dem Dreiweg-Magnetventil 18 eine Rückkopplung angewandt wird, so daß schließlich die Abweichung 0 wird und die mittlere AGR-Rate von vier Zylindern mit der Soll-AGR-Rate übereinstimmt. Das heißt, daß der Öffnungsgrad des AGR-Ventils 12 auf eine AGR-Rate geregelt wird, die unter allen Zylindern gemittelt ist.

Bei einem Schritt 211 wird die Differenz  $\Delta TR_i$  in bezug auf die Soll-AGR-Rate TT der AGR-Rate RE<sub>i</sub> jedes Zylinders berechnet. Bei einem Schritt 212 wird ein Öffnungsgrad-Korrekturwert der Drosselklappe für jeden Zylinder durch

$$TRC_i = TRC_i + \Delta TR_i \times k'$$

berechnet. In dieser Gleichung ist k' die Verstärkung. Beispielsweise wird, wenn die AGR-Rate des betreffenden Zylinders im Vergleich zu dem Sollwert klein ist, der Korrekturwert des Öffnungsgerades in eine Richtung aktualisiert, in der die Drosselklappe 29 geschlossen wird, damit die AGR-Rate erhöht wird.

Bei einem Schritt 213 wird ein endgültiger Soll-Öffnungsgrad TRFi+1 der Drosselklappe des Zylinders des nächsten Ansaugtakts berechnet. TRFi+1 wird durch Addition des bei dem Schritt 212 berechneten Soll-Öffnungsgrads TRB der Drosselklappe und des bei dem Schritt 212 berechneten Korrekturwertes am Ende des vorhergehenden Ansaugtakts des Zylinders gefunden.

Demgegenüber wird der Zeitpunkt zur Korrektur des Öffnungsgrads der Drosselklappe 29 durch die Kraftstoffeinspritzmenge (Last) VL und der Drehzahl bei einem Schritt 213-1 bestimmt. In diesem Verhältnis sind die durch vorab erfolgtes Testen gefundenen Daten als ein zweidimensionales Diagramm in der Steuerschaltung 50 gespeichert. Dann wird zu dem bei dem Schritt 213-1 bestimmten Zeitpunkt ti

der Wert von  $TRFi+1$  als das Ausgangssignal der Ansteuerschaltung 580 wiedergegeben. Dadurch wird der die Drosselklappe antreibende Motor 30 angetrieben, weshalb der vorbestimmte Öffnungsgrad der Drosselklappe 29 erhalten werden kann. Bei einem Schritt 214 werden  $V_N$  und CAD für den nächsten Zählvorgang gelöscht.

Nachstehend ist die Steuerung des Magnetventils 18 beschrieben. Die an einer vorbestimmten Adresse des RAM gespeicherte Einschaltzeitdauer  $DP'$  des Magnetventils 18 wird auf eine Busleitung übertragen und in der Speicherschaltung der CPU 530 gespeichert. Der Vergleich 550 gibt ein Übereinstimmungssignal aus, wenn ein Binärcode aus der CPU 530 und eine Anzahl von Takten aus dem zweiten Oszillator 560 unter Verwendung des Triggersignals des ersten Oszillators 540 als Rücksetzsignal miteinander übereinstimmen. Dementsprechend wird, da der Zyklus des Triggersignals des ersten Oszillators 540 50 ms eine Zeitdauer von dem Zeitpunkt, wenn das Triggersignal von dem hohen Pegel auf den niedrigen Pegel übergeht, bis zu dem Zeitpunkt, wenn die Binärcodezahl aus der CPU 530 und die Taktanzahl miteinander übereinstimmen, die Einschaltzeitdauer des Magnetventils 18. Eine Zeitdauer von dem Übereinstimmungszeitpunkt bis zu dem Zeitpunkt, wenn das Triggersignal von dem hohen Pegel auf den niedrigen Pegel übergeht, wird die Ausschaltzeitdauer (Auszeitdauer) des Magnetventils 18. Diese Situation ist in Fig. 6 gezeigt.

(A) in der Darstellung gemäß Fig. 6 gibt das Ausgangssignal des ersten Oszillators 540 an. (B) in der Darstellung gemäß Fig. 6 gibt das Ausgangssignal aus dem Vergleich 550 an. Weiterhin wird die Zeitdauer  $T$  durch den in Fig. 2 gezeigten Schritt 210 gefunden und stimmt mit dem an der vorbestimmten Adresse des RAM gespeicherten Wert  $DP'$  (Zyklus von 0,05 ms des zweiten Oszillators 560) überein. Ein Ein-Aus-Verhältnis des Magnetventils 18, das heißt die AGR-Menge wird durch die Zeitdauer  $T$  bestimmt. Die Ansteuerschaltung 570 verstärkt das Signal aus dem Vergleich 550 und legt dieses an die Spule 19 des Magnetventils an.

Gemäß dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel wird eine Regelung derart ausgeführt, daß der mittlere Wert  $R$  der AGR-Rate unter den Zylindern der Zielwert  $RT$  für das AGR-Ventil 12 wird, wobei die Drosselklappe 29 unabhängig derart gesteuert wird, daß die AGR-Rate  $RE_i$  der Sollwert für jeden Zylinder wird. Aus diesem Grunde können, selbst wenn eine unvermeidliche Abweichung zwischen den Zylindern auftritt, Schwankungen der AGR-Rate unter den Zylindern verhindert werden und dann die Regelung der AGR-Rate auf den Sollwert schnell ausgeführt werden. Außerdem können die Ansauginformationen des AGR-Gases für jeden Ansaugtakt jedes Zylinders erfaßt werden, weshalb die AGR-Steuerung für jede Verbrennung sowie die Ausführung der gewünschten AGR-Steuerung selbst bei einem Übergang möglich werden.

Für die Steuerung des AGR-Ventils 12 ist es möglich, statt der Regelung wie gemäß dem Ausführungsbeispiel lediglich eine Steuerung mit offenem Regelkreis (open loop) auszuführen. Als einfachstes Verfahren kann eine Ein-Aus-Steuerung ausgeführt werden. Das heißt, es kann eine Steuerung ausgeführt werden, bei der das AGR-Ventil 12 geöffnet wird, wenn die AGR-Bedingung vorliegt, und geschlossen wird, wenn die AGR-Bedingung nicht vorliegt.

Gemäß dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel wird die Gesamtgasmenge durch das Ausgangssignal der Druckerfassungseinrichtung 21 berechnet, jedoch kann zur Verbesserung des berechneten Werts des Gesamtgasmenge vorzugsweise eine Ansaugtemperaturmeßeinrichtung in der Nähe der Druckerfassungseinrichtung 21 vorgesehen werden, wobei der auf der Grundlage des erfaßten

Druckwerts berechnete Wert der Gesamtgasmenge durch das Ausgangssignal der Ansaugtemperaturmeßeinrichtung korrigiert wird.

Außerdem wurde gemäß dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel eine mit einem Turbolader ausgestattete Diesel-Brennkraftmaschine (Dieselmotor) als Brennkraftmaschine angewandt, jedoch kann die Erfindung ebenso auf eine Brennkraftmaschine angewandt werden, bei der kein Turbolader angebracht ist. Weiterhin ist es zur Erleichterung der Abgasrückführung insbesondere sinnvoll, wenn diese Erfindung auf eine Diesel-Brennkraftmaschine angewandt werden kann, bei der ein Drosselklappe in dem Ansaugrohr angeordnet ist. In diesem Fall sind ein AGR-Anschluß (Abgasrückführungsanschluß) und eine Druckerfassungseinrichtung in Strömungsrichtung hinter der Drosselklappe vorgesehen sowie eine Luftströmungsmeßeinrichtung in Strömungsrichtung vor der Drosselklappe angeordnet.

Gemäß dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel wird die Druckerfassungseinrichtung 21 als Einrichtung zur Erfassung der gesamten angesaugten Gasmenge verwendet, jedoch ist die Anwendung einer Druckerfassungseinrichtung ebenfalls möglich, die einen ähnlichen Aufbau wie die Luftströmungsmeßeinrichtung 20 oder einen Aufbau unter Verwendung eines Heißdrahtes (Hitze-draht) aufweist. Es sei bemerkt, daß unter Berücksichtigung der Verschmutzung durch den Rückfluß des Abgases ein Verfahren zur Erfassung des Drucks ohne sich mechanisch bewegende Teile wünschenswert ist.

Außerdem kann die Erfindung ebenfalls auf eine Brennkraftmaschine des Ottomotortyps unter Verwendung von Benzin als Kraftstoff angewandt werden.

Vorstehend wurde eine Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine angegeben, bei der zur Verbesserung des Ansprechens und der Genauigkeit einer Steuerung und zur Beseitigung von Schwankungen der AGR-Raten zwischen den Zylindern eine Kurbelwellenposition entsprechend einem Startzeitpunkt eines Ansaugtakts jedes Zylinders erfaßt wird, ein Ansaugrohrdruck  $V_p$  und eine Frischluftmenge  $V_N$  während des Ansaugtakts erfaßt werden sowie eine Gesamtansaugmenge  $QA$  anhand des Ansaugrohrdrucks  $V_p$  zur Berechnung eines Sollwerts  $RT$  der AGR-Rate berechnet wird. Weiterhin wird bei einem Endzeitpunkt des Ansaugtakts ein Summenwert  $QN$  von Frischluftmengen berechnet, wobei eine AGR-Rate  $RE_i$  dieses Zylinders als Differenz zwischen der Gesamtansaugmenge  $QA$  und dem Summenwert  $QN$  berechnet wird (Schritt 207). In dem Ansaugrohr ist eine Drosselklappe 29 vorgesehen, wobei der Öffnungsgrad der Drosselklappe unabhängig für jeden Zylinder auf einen Soll-Öffnungsgrad  $TRB$  gesteuert wird, der derart bestimmt ist, daß die EGR-Rate  $RE_i$  für jeden Zylinder der Sollwert wird (Schritte 211 bis 213). Zu diesem Steuerungszeitpunkt existiert ein optimaler Wert. Demgegenüber wird das AGR-Ventil 12 derart gesteuert, daß ein Mittelwert  $R$  zwischen den Zylindern der AGR-Rate der Sollwert  $RT$  wird (Schritte 208 bis 210).

#### Patentansprüche

1. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine mit einem Abgasrückführungssteuerventil (12) zur Steuerung der Abgasrückführungsmenge, einer Frischluftefassungseinrichtung (20) zur Erfassung der in die Brennkraftmaschine eingeleiteten Frischluftmenge ( $V_N$ ), einer Gesamtansaugmenge-Erfassungseinrichtung (21) zur Erfassung der Gesamtansaugmenge ( $QA$ ) als Mi-

schung der Abgasrückführung und der Frischluft, einer Abgasrückführungs-Berechnungseinrichtung (50) zur Berechnung der Abgasrückführungsrate anhand der erfaßten Frischluftmenge und der Gesamtansaugmenge,

einer Durchströmungsflächensteuereinrichtung (29), in einem Ansaugkanal vorgesehen ist, durch den die Frischluft in die Brennkraftmaschine eingeleitet wird, zur Steuerung der Durchströmungsfläche und einer Abgasrückführungsrate-Steuereinrichtung (50) zur Steuerung der Durchströmungsflächensteuereinrichtung derart, daß die berechnete Abgasrückführungsrate erhalten wird.

2. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei die Frischluftmenge ( $V_N$ ) und die Gesamtansaugmenge (QA) für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine erfaßt werden und

die Steuerung der Durchströmungsflächensteuereinrichtung (29) durch die Abgasrückführungsrate-Steuereinrichtung (50) für jeden Zylinder entsprechend der berechneten Abgasrückführungsrate berechnet wird.

3. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei

eine Zylinderunterscheidungseinrichtung zur Unterscheidung eines Zylinders in einem Ansaugtakt sowie eine Antriebszeitpunkt-Steuereinrichtung zur Steuerung des Zeitpunkts der Betätigung der Durchströmungsflächensteuereinrichtung (29) auf ein Optimum in dem Ansaugtakt jedes Zylinders vorgesehen ist und die Durchströmungsflächensteuereinrichtung (29) zu dem optimalen Zeitpunkt durch die Ansteuerzeitpunkt-Steuereinrichtung für den Zylinder betätigt wird, der durch die Zylinderunterscheidungseinrichtung als Soll-Zylinder bestimmt ist, wodurch die Abgasrückführungsrate (REi) für jeden Zylinder gesteuert wird.

4. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, wobei die Antriebszeitverlaufs-Steuereinrichtung mit einem zweidimensionalen Diagramm zur Steuerung des Antriebszeitverlaufs versehen ist, damit der Antriebszeitverlauf zum Betrieb der Durchströmungsflächensteuereinrichtung für jeden Zylinder gesteuert wird.

5. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine, die mit einem Abgasrückführungssteuerventil (12) im Verlauf eines ein Ansaugrohr (7) und ein Abgasrohr (6) verbindenden Abgasrückführungs-kanals versehen ist, mit

einer ersten Erfassungseinrichtung (20) zur Erfassung eines Wertes entsprechend einer in die Brennkraftmaschine eingeleiteten Frischluftmenge ( $V_N$ ),

einer ersten Berechnungseinrichtung zur Berechnung der jedem Zylinder der Brennkraftmaschine zuzuführenden Frischluftmenge auf der Grundlage des durch die erste Erfassungseinrichtung erfaßten Wertes,

einer zweiten Erfassungseinrichtung (21) zur Erfassung eines Wertes entsprechend einer Gesamtansaugmenge (QA) der Brennkraftmaschine als Summe der Frischluftmenge und der Abgasrückführungsrate, einer zweiten Berechnungseinrichtung zur Berechnung der Gesamtansaugmenge für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine auf der Grundlage des erfaßten Werts der zweiten Erfassungseinrichtung,

einer dritten Berechnungseinrichtung zur Berechnung der Abgasrückführungsrate für jeden Zylinder anhand der durch die erste Berechnungseinrichtung berechneten Frischluftmenge für jeden Zylinder und der durch

die zweite Berechnungseinrichtung berechnete Gesamtansaugmenge für jeden Zylinder sowie einer Steuereinrichtung zur Steuerung des Betriebs der Durchströmungsflächensteuereinrichtung derart, daß der durch die dritte Berechnungseinrichtung berechnete Wert gleich dem für jede Betriebsbedingung eingestellten Sollwert wird.

6. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, wobei die erste Erfassungseinrichtung eine in dem Ansaugrohr in Strömungsrichtung oberhalb einer Öffnung des Abgasrückführungskanals (11) vorgesehene Luftströmungsmeßeinrichtung (20) ist und

die zweite Erfassungseinrichtung eine Druckerfassungseinrichtung (21) zur Erfassung des Drucks des Ansaugrohrs in Strömungsrichtung unterhalb der Öffnung des Abgasrückführungskanals ist.

7. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, wobei

die erste Berechnungseinrichtung mit einer Speichereinrichtung zum Speichern von Informationen der ersten Erfassungseinrichtung (20) und

einer Summierungseinrichtung zur Summierung des gespeicherten Wertes der Speichereinrichtung während einer Ansaugtaktperiode jedes Zylinders der Brennkraftmaschine versehen ist, wobei

der erzeugte Summenwert ( $\Sigma V_N$ ) in der Berechnung der Frischluftmenge ( $V_N$ ) berücksichtigt wird.

8. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 4, wobei

die zweite Berechnungseinrichtung die über die Zylinder gemittelte Gesamtansaugmenge berechnet und dieser berechnete Wert in dem berechneten Wert der Differenz von der Frischluftmenge berücksichtigt wird.

9. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, wobei die Steuerung der Durchgangsflächensteuereinrichtung (29) durch die Steuereinrichtung für jeden Ansaugtakt jedes Zylinders ausgeführt wird.

10. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 9, wobei die für jeden Ansaugtakt jedes Zylinders durchgeführte Steuerung der Durchströmungsflächensteuereinrichtung (29) durch Betätigung der Durchgangsflächensteuereinrichtung bei einem optimalen Zeitpunkt für die Zylinder durch eine Antriebszeitpunkt-Steuereinrichtung ausgeführt wird, nachdem der Zylinder in dem Ansaugtakt zu diesem Zeitpunkt durch eine Zylinderunterscheidungseinrichtung unterschieden worden ist.

11. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, wobei die dritte Berechnungseinrichtung mit einer Mittelwertberechnungseinrichtung zur Mittelung berechneter Werte entsprechend der Abgasrückführungsrate aller Zylinder versehen ist und die Betätigungssteuerung eines Abgasrückführungssteuerventils derart ausführt, daß dieser gemittelte Wert gleich dem Sollwert wird.

12. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brennkraftmaschine mit

einem Abgasrückführungssteuerventil (12) zur Steuerung der Abgasrückführungsrate,

einer Frischlufteinfassungseinrichtung (20) zur Erfassung der in die Brennkraftmaschine eingeleiteten Frischluftmenge,

einer Gesamtansaugerfassungseinrichtung (21) zur Erfassung der Gesamtansaugmenge als eine Mischung aus der Abgasrückführung und der Frischluft,

einer Abgasrückführungsrate-Berechnungseinrichtung



zur Berechnung der Abgasrückführungsrate anhand  
der erfaßten Frischluftmenge und der Gesamtansaug-  
menge,  
einer in einem Ansaugkanal (7), durch den die Frisch- 5  
luft in die Brennkraftmaschine eingeleitet wird, vorge-  
sehene Durchströmungsflächensteuereinrichtung (29)  
zur Steuerung der Durchgangsfläche des Ansaugka-  
nals,  
einer ersten Steuereinrichtung zur Steuerung des Ab- 10  
gasrückführungssteuerventils (12) entsprechend der  
berechneten Abgasrückführungsrate, und  
einer zweiten Steuereinrichtung zur Steuerung der  
Durchströmungsflächensteuereinrichtung (29) entspre-  
chend der berechneten Abgasrückführungsrate.  
13. Abgasrückführungssteuervorrichtung einer Brenn- 15  
kraftmaschine nach Anspruch 12, wobei  
die erste Steuereinrichtung das Abgasrückführungs-  
steuerventil (12) entsprechend dem Mittelwert der Ab-  
gasrückführungsrate der Zylinder steuert, und  
die zweite Steuereinrichtung die Durchströmungsflä- 20  
chensteuereinrichtung (29) für jeden Zylinder entspre-  
chend der Abgasrückführungsrate jedes Zylinders un-  
abhängig steuert.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig.1

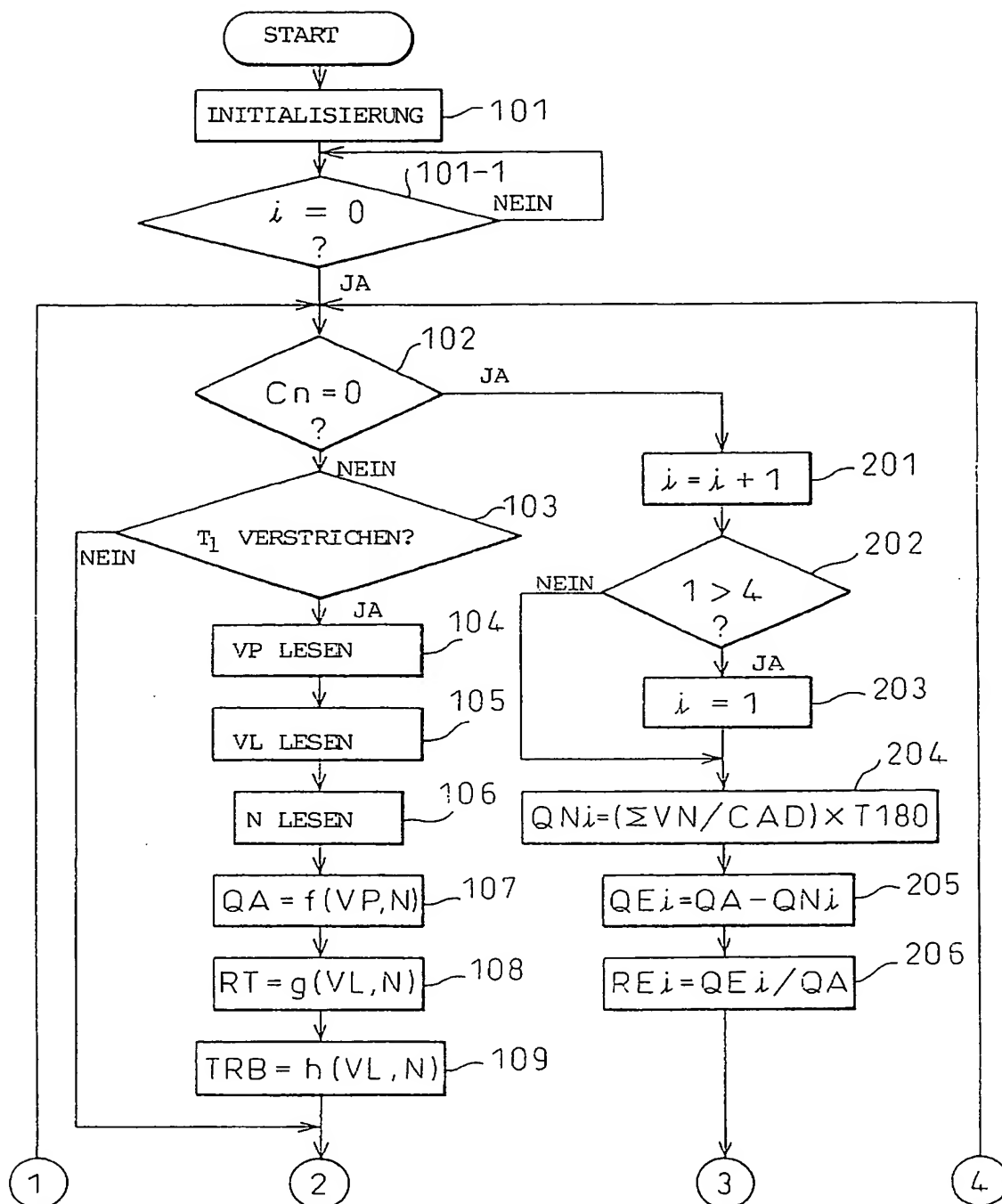


Fig.2

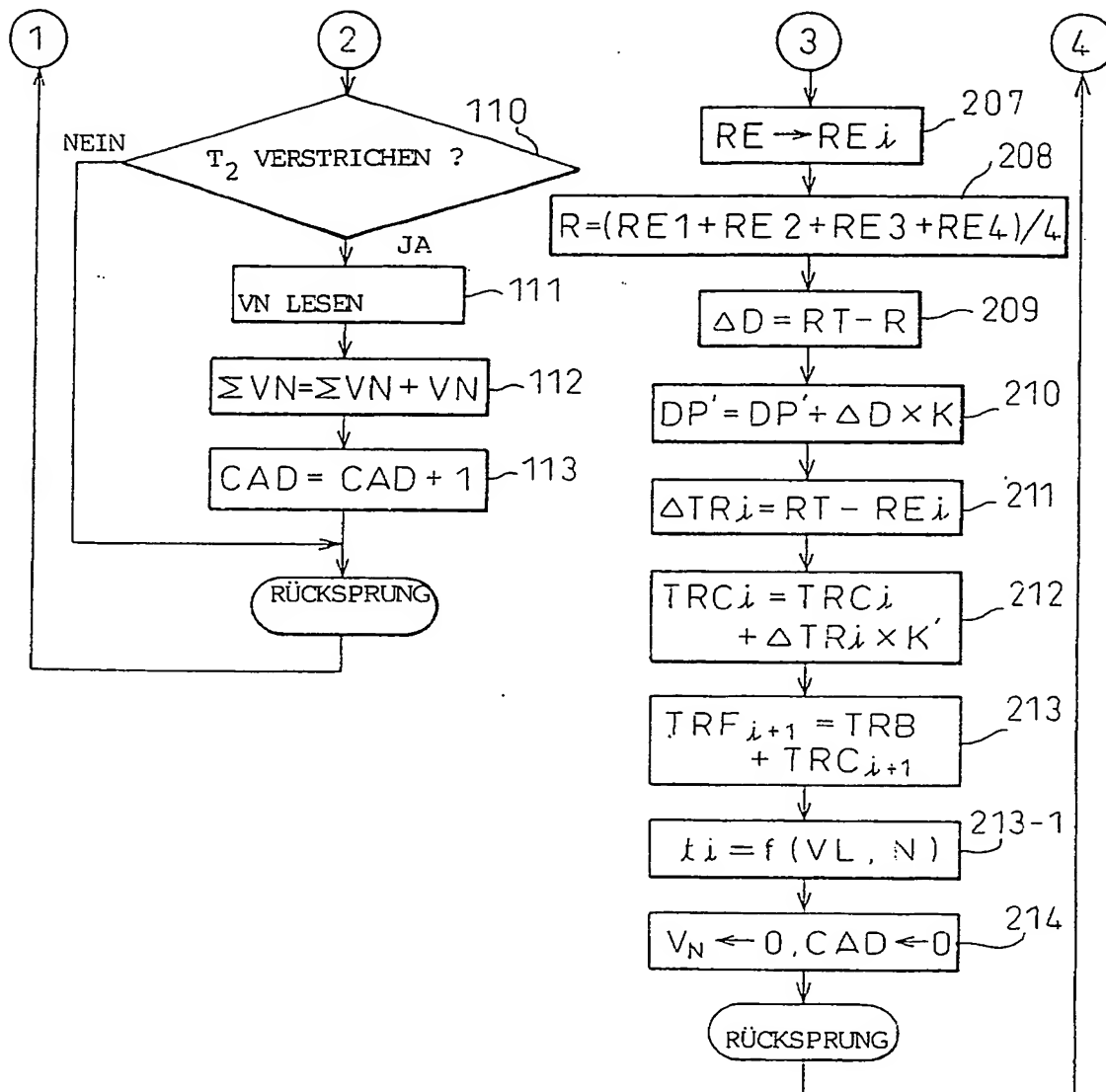


Fig. 3

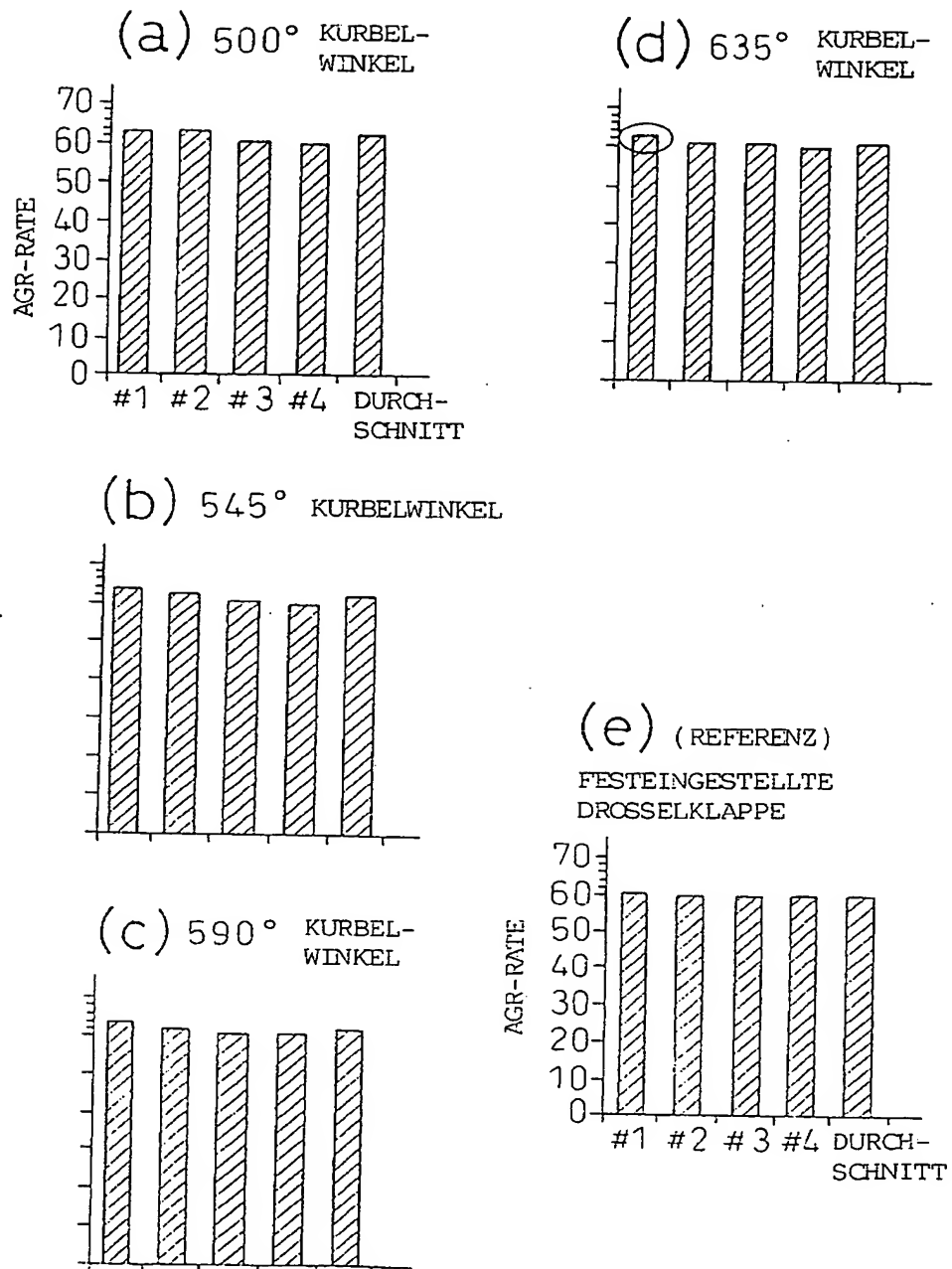




Fig. 4

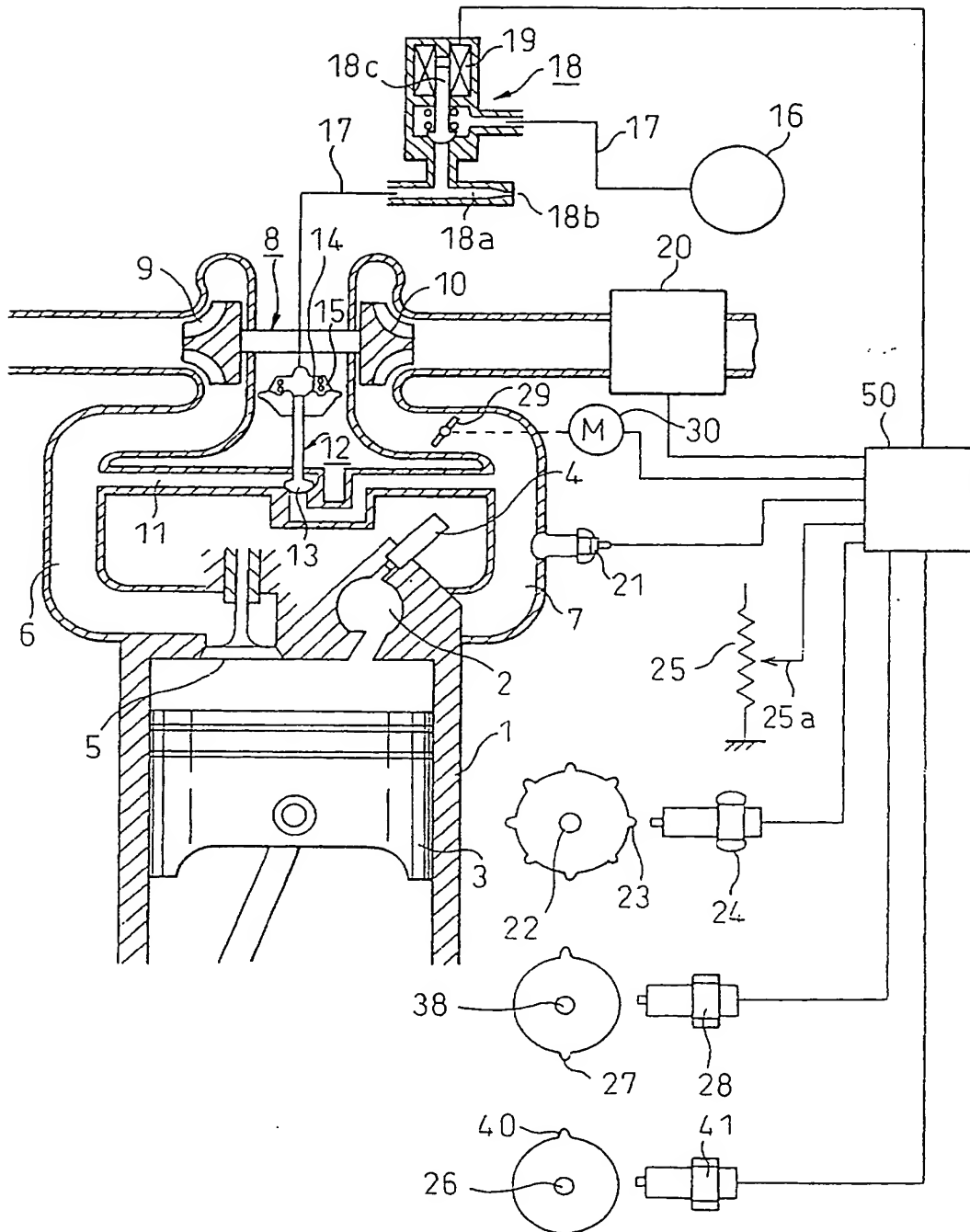


Fig. 5

